

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

ZAVRŠNI RAD

Željko Hadžija



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

ISPITIVANJE ČVRSTOĆE KNJIŽNOG BLOKA
BEŠAVNE FORME UVEZA OVISNO O TEHNICI
LIJEPLJENJA

Mentor:
Doc.dr.sc. Suzana Pasanec Preprotić

Student:
Željko Hadžija

Zagreb, 2016.

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. KNJIGA I KNJIGOVEŠTVO	2
2.1. RAZVOJ KNJIGE.....	2
2.2. KNJIGA KAO GRAFIČKI PROIZVOD.....	4
3. PODJELA KNJIGA	5
3.1. PODJELA KNJIGA PREMA NAMJENI	5
3.1.1. <i>Knjige za jednokratnu upotrebu</i>	5
3.1.2. <i>Knjige za višekratnu upotrebu</i>	5
3.1.3. <i>Knjige za trajnu upotrebu</i>	5
3.1.4. <i>Knjige s najvećim zahtjevom</i>	5
3.2. PODJELA KNJIGA PREMA NAČINU UVEZA	6
3.2.1. <i>Ručni uvez (hand-made binding)</i>	6
3.2.2. <i>Nakladnički uvez (trade binding, edition binding)</i>	6
3.3. PODJELA KNJIGA PREMA VRSTI UVEZA	6
3.3.1. <i>Meki uvez</i>	6
3.3.2. <i>Tvrđi uvez</i>	7
3.3.3. <i>Mehanički uvez</i>	8
3.4. PODJELA KNJIGA PREMA FORMI UVEZA	8
3.4.1. <i>Bešavni uvez</i>	8
3.4.2. <i>Šivani uvez</i>	9
3.4.3. <i>Mehanički uvez</i>	10
4. KVALITETA UVEZA.....	11
4.1. VRSTE UVEZNIH JEDINICA	11
4.1.1. <i>List papira (LP)</i>	11
4.1.2. <i>Knjižni slog (KS)</i>	12
4.2. TEHNIKE LJEPLJENJA U BEŠAVNOJ FORMI UVEZA	12
4.3. LJEPILO U BEŠAVNOJ FORMI UVEZA.....	14
4.3.1. <i>Polivinil-acetat emulzije (PVAc)</i>	17
4.3.2. <i>Hot-melt (taljiva) ljepila (EVA)</i>	18
4.3.3. <i>Poliuretanska (PUR) ljepila</i>	19
4.4. UTJECAJ SASTAVA I SVOJSTAVA PAPIRA NA ČVRSTOĆU BEŠAVNO UVEZENOG KNJIŽNOG BLOKA	21
4.4.1. <i>Punila</i>	21
4.4.2. <i>Keljiva</i>	22
4.4.3. <i>Bojila</i>	22
4.4.4. <i>Svojstva papira</i>	22
5. EKSPERIMENTALNI DIO.....	25
5.1. PRISTUP PROBLEMU	25
5.2. KORIŠTENI MATERIJALI I UREĐAJI	25
5.3. OPIS ISPITIVANJA	31
5.4. REZULTATI ISPITIVANJA	33
5.5. RASPRAVA REZULTATA ISPITIVANJA	34
6. ZAKLJUČAK	39
7. LITERATURA	40
8. POPIS TABLICA I GRAFIKONA	41
8.1. POPIS TABLICA	41
8.2. POPIS GRAFIKONA:	41

SAŽETAK:

U radu se bavimo određivanjem čvrstoće ručno izrađenih knjižnih blokova nastalih bešavnim uvezom kao najzastupljenijom formom uveza. Knjižni su blokovi izrađeni pomoću dva osnovna principa obrade knjižnog bloka za formiranje bešavnih knjiga: uz mehaničku obradu hrpta (hrapavljenje) ili bez mehaničke obrade (lepezasto lijepljenje).

Cilj ovog rada je pobliže definirati potrebne alate i metode izrade knjižnog bloka za obje tehnike izrade knjižnih blokova, a glavni zadatak je ispitati čvrstoću nastalih knjižnih blokova.

Nakon izvršenih mjerenja na kidalici (*pull tester*) IDM Page Pull Tester P0011 i sistematizacije rezultata, rezultati će se brojčano i grafički međusobno usporediti, uzimajući u obzir i standard FOGRA instituta - što će dovesti do zaključka koji način lijepljenja daje bolju čvrstoću knjižnog bloka.

Ključne riječi: bešavni uvez, knjižni blok, hrapavljenje, lepezasto lijepljenje, čvrstoća knjižnog bloka, PVAc ljepilo

1. UVOD

Knjigoveštvo je dio završne grafičke proizvodnje koje se bavi završnim oblikovanjem knjigoveških proizvoda. Najcjelovitiji i ujedno i tehnološki najzahtjevniji knjigoveški proizvod je knjiga.

Suvremena industrijska proizvodnja teži što bržoj, jeftinijoj, ali i dalje kvalitetnoj proizvodnji. Svakodnevno se povećava broj knjiga koje treba uvezati u sve većim nakladama te se traži jeftino, brzo i kvalitetno rješenje. Najjednostavniji i najjeftiniji način uveza je bešavni uvez, koji u usporedbi sa drugim formama uveza ima manji broj tehnoloških operacija i manji utrošak materijala, koristi hot-melt ljepila koja omogućavaju brzo sušenje, te je time postupak uveza brži, kraći, jednostavniji i jeftiniji. Kod bešavnog uveza knjižni je blok lijepljen i po hrptu spojen s koricama.

Kvaliteta bešavnog uveza očituje se između ostalog u čvrstoći hrpta, kompaktnosti knjižnog bloka, te sama ovisi o više faktora, a prvenstveno o vrsti mehaničke obrade hrpta knjižnog bloka. U ovom su istraživanju neki parametri koji utječu na čvrstoću knjižnog bloka držani uvijek na istoj razini (vrsta i gramatura papira, vrsta ljepila, opseg i format knjižnog bloka), dok se pokušalo odrediti koja tehnika obrade hrpta knjižnog bloka daje bolje rezultate čvrstoće knjižnog bloka. Kvaliteta uveza za svaku pojedinu knjigu određena je mjerenjem sile kidanja pojedinačnog lista iz knjižnog bloka, a ispitivanje je provedeno na uređaju IDM Page Pull Tester P0011. Ispitivanje čvrstoće slijepljenosti pojedinačnih listova knjižnog bloka provedeno je po strogo određenom redu na više listova smještenih na različitim dijelovima knjižnog bloka. Kao kriterij određivanja čvrstoće knjižnog bloka uzeta je tablica FOGRA instituta sa vrijednosnim ocjenama čvrstoće knjižnog bloka bešavnog uveza.

2. KNJIGA I KNJIGOVEŠTVO

2.1. Razvoj knjige

Povijest knjige seže preko 7000 godina u prošlost i tijekom tog razdoblja promijenila je svoj oblik mnogo puta ovisno o materijalima od kojih je izrađivana, načinu pisanja na tim materijalima, te načinu na koji su oni bili umotani, tj. uvezivani.

Jedan od prvih oblika knjige bio je svitak od papirusa na kojem se pisalo samo s jedne strane i koji se prilikom čitanja premotavao.

Oko 3. st. pr. Kr. koža se počela izrađivati u finijem obliku, tj. kao pergament. Zbog svojih velikih prednosti pergament je postupno istisnuo papirus, što je dovelo do bitne promjene u obliku knjige, tj. do nastanka kodeksa. Od 3. st. pergamentni je kodeks postupno zamjenjivao papirusni svitak, a u 5. st. potpuno ga je istisnuo. Pergament se kao materijal za pisanje upotrebljavao u Maloj Aziji i za razliku od papirusa omogućavao je obostrano pisanje. [1]

U Indiji su knjige bile sastavljene od probušenih i povezanih palminih listova, dok su Kinezi koristili tzv. leporelo knjigu koja se sastoji od savijenih listova papira i održala se sve do danas.

Stari Rimljani su koristili pločice od drveta ili bjelokosti koje su s unutarnje strane bile premazane slojem voska po kojem se pisalo šiljastom pisaljkom zvanom stilus. Takve su pločice metalnim prstenima bile spojene u knjigu i knjiga koja je nastala spajanjem dviju pločica nazvana je diptih, te se smatra pretečom knjigoveštva jer njome počinje razvoj uvezivanja knjiga. U Babilonu su u uporabi bile knjige od tri ili više spojenih pločica koje su se mogle otvarati (triptih ili poliptih).

Presavijanjem pergamenta dobila se knjiga u obliku bilježnice, kodeks, odnosno prijelazni oblik između svitka i današnjeg oblika knjige. Iako se pergament pokazao mnogo bolji od papirusa, bio je veoma skup i zbog toga je ustupio mjesto mnogo jeftinijem i praktičnijem materijalu: papiru. Ta nova značajna promjena u povijesti knjige dogodila se uvođenjem papira, koji je pronađen u Kini u 2. st., a preko Arapa, koji su upoznali papir u 8. st., prenesena je upotreba toga materijala i u Europu gdje o općoj upotrebi papira možemo govoriti tek od 15. st. Uvođenje papira znatno je pojeftinilo izradu knjige i ona je postala pristupačna širim krugovima. [2]

Knjige su se pisale rukom sve do 1455. godine kada je Johannes Gutenberg izumio pomična lijevana slova čime je omogućen tisak knjiga. Tiskarsko umijeće znatno je pojeftinilo izradbu knjige. Prve tiskane knjige, tzv. inkunabule, u svemu su oponašale kodekse. Od početka 16. st. tiskana se knjiga postupno oslobađala svojega rukopisnog uzora i poprimala današnji izgled.



Slika 1. Gutenbergova Biblija

https://en.wikipedia.org/wiki/Gutenberg_Bible#/media/File:Gutenberg_Bible,_Lenox_Copy,_New_York_Public_Library,_2009_Pic_01.jpg

Do 19. st. svi su se poslovi oko izrade tiskane knjige obavljali ručno. Razvoj moderne tehnike od druge pol. 19. st. omogućio je strojnu izradu knjige i njenu masovnu proizvodnju. Razvojem tiskarstva dolazi i do razvoja knjigoveštva, a uvez knjiga postaje obrtom te se pojavljuju knjige današnjeg oblika izrađene ručnim uvezom. Razvojem tehnologije ručni uvez sve više ustupa mjesto strojnom uvezu. Linije za masovnu proizvodnju knjiga sastoje se od niza strojeva za knjigovešku doradu koji su međusobno povezani. [3] Ručni uvez knjige se koristi i danas za neke specijalne prigode.



Slika 2. Strojni uvez knjige

http://tianyumachinery.en.alibaba.com/productshowimg/1094708941-803392793/QFM_600A_L_Shape_Advance_Model_hardcover_book_binding_machine.html

Kako se u budućnosti predviđa smanjenje naklada i pad ili stagniranje klasičnih tehnika tiska, a povećan udio manjih naklada (po Canonovoj projekciji u 2020. će naklade više od polovice proizvoda biti od 1 do 2000 primjeraka) [4, 5] s fokusom na personalizaciju grafičkih proizvoda, važnost bešavne forme uveza će još više rasti, iako je već i sada najpopularnija forma uveza na tržištu. S malim i personaliziranim nakladama ručni i poluautomatizirani uvezi dobivaju na značaju, a samim time i lijepljenje bez mehaničke obrade hrpta (lepezasto lijepljenje) u bešavnoj formi uveza koje je rezervirano za ručni uvez, jer se kod nakladničkog uveza koristi mehanička obrada hrpta hrapavljenjem strojevima čime se proces uvelike ubrzava.

2.2. Knjiga kao grafički proizvod

Knjiga predstavlja svaki pismom fiksirani jezični dokument većeg opsega, zabilježen na lako prenosivom materijalu, te jedan od tehnološki najzahtjevnijih knjigoveških proizvoda. Sastoji se od knjižnog bloka i korica. UNESCO-va definicija glasi da je knjiga ukoričena tiskana publikacija koja ima najmanje 49 stranica, tj. tiskana kolekcija papira. [6]

Knjigu kao grafički proizvod definiramo kao skup tiskanih listova papira spojenih u knjižni blok i uvezanih u korice. U ovu se definiciju ubrajaju i knjige s listovima bez tiska zbog dorade i načina uveza. Knjiga nastaje u dvije faze: prva faza je autorska izvedba rukopisa, a druga faza je “pretvaranje” rukopisa u grafički proizvod - knjigu. U drugoj fazi grafički dizajner rukopis preoblikuje u knjigu i o njemu ovise format, vrsta i forma knjige, njen opseg, izbor uveza, vrste i gramature papira, izbor vrste i veličine pisma i proreda kojim će biti prelomljena i otisnuta knjiga. O svim tim elementima ovisi i čitljivost knjige. [7]

Za izradu knjige potrebna je suradnja grafičke pripreme, tiska i dorade gdje se u sklopu grafičke pripreme obrađuju tekst i slike, vrši se prijelom stanica i priprema montažni arak kako bi se prilagodila izrada tiskovne forme koja služi za otiskivanje.

3. PODJELA KNJIGA

3.1. Podjela knjiga prema namjeni

Namjena knjige podrazumijeva svrhu ili ono za što će se knjiga upotrebljavati, te knjige prema upotrebnoj vrijednosti dijelimo na:

3.1.1. *Knjige za jednokratnu upotrebu*

U ovu skupinu spadaju tjedni magazini, stripovi, časopisi, novine... Knjige za jednokratnu upotrebu imaju jednostavan uvez žicom ili ljepilom. Najčešće se uvezuju u papirnate korice s eventualno višebojnim tiskom, a knjižni blok izrađuje se od lošijeg papira jer se nakon čitanja obično bacaju i ne čuvaju se trajno.

3.1.2. *Knjige za višekratnu upotrebu*

To su knjige koje se koriste više puta, ali se ne čuvaju duže nego što su nam potrebne, s trajnošću najčešće do godine dana.

Za njih se koristi meki uvez u jednodijelne kartonske korice.

Primjer takvih knjiga su školski udžbenici, telefonski imenici, beletristika...

3.1.3. *Knjige za trajnu upotrebu*

Kako bi zadovoljile potrebu za dugotrajnom upotrebom za ovu skupinu knjiga važno je da imaju dobru mehaničku čvrstoću knjižnog bloka i krute korice što se postiže tvrdim uvezom u višedijelne tvrde korice.

Primjeri knjiga za trajnu upotrebu su sveučilišni udžbenici, enciklopedije, leksikoni, rječnici, kuharice...

3.1.4. *Knjige s najvećim zahtjevom*

Knjige s najvećim zahtjevom su monografije, likovne mape, knjige iz područja medicine, biologije, umjetnosti i slično.

Ovakve knjige uvezuju se tvrdim uvezom koji može sadržavati još i ovitak, te slijepi i foliotisak, kožnu presvlaku i drugo.

Knjižni blok se najčešće otiskuje na papiru za umjetnički tisak višebojnim tiskom.

3.2. Podjela knjiga prema načinu uveza

Način uveza je izravno vezan za nakladu nekog knjigoveškog proizvoda i prema tome uvez knjige dijelimo na :

3.2.1. Ručni uvez (*hand-made binding*)

Kronološki gledano to je bio prvi način uveza, a strojni se uvez razvio nakon 1820. godine.

3.2.2. Nakladnički uvez (*trade binding, edition binding*)

Jedinstven je za cijelu nakladu, a izrađen je prema izboru i nalogu izdavača. Nakladnički uvez može biti strojni ili linijski.

3.3. Podjela knjiga prema vrsti uveza

3.3.1. Meki uvez

Klasični meki uvez je uvez u kojem je knjižni blok zalijepljen i po hrptu uljepljen u jednodijelne kartonske korice, čime se ostvaruje direktna neposredna veza između knjižnog bloka i korica, odnosno izravna veza između pojedinačnih listova papira u knjižnom bloku i korica.

Upotrebljava se pri izradi knjiga za jednokratnu i višekratnu upotrebu, pri izradi blokova, časopisa, kalendara, a ponekad i za knjige stalne upotrebne vrijednosti.

Korice su jednake veličine kao i knjižni blok, izrađene od kartona ili plastične folije, savitljive su i mogu se savijati bez oštećenja.

Meki uvez je jednostavniji i jeftiniji od tvrdog uveza jer zahtijeva manji broj tehnoloških operacija, strojeva i manji utrošak materijala, te se često koristi u masovnoj industrijskoj proizvodnji knjiga.



Slika 3. Primjeri meko uvezenih knjiga

http://denona.hr/wp-content/uploads/2015/08/IMG_0936-850x350.jpg

3.3.2. Tvrđi uvez

Najzahtjevniji i najskuplji uvez knjige kod kojeg se knjižni blok uvezuje se u korice koje se izrađuju od ravne ljepenke ili kartona veće gramature (350 – 450 g/m²) i ne mogu se savijati za razliku od korica mekog uveza, te su ujedno i veće od knjižnog bloka što kod mekog uveza nije slučaj. Nazivamo ih višedijelnim tvrdim koricama jer se sastoje od više dijelova (prireza stranica, hrptenog uloška i presvlake). Podstava posredno povezuje knjižni blok s koricama za razliku od mekog uveza gdje je veza neposredna.



Slika 4. Primjeri tvrdo uvezenih knjiga

<http://www.knjigoveznica-first.hr/wp-content/uploads/tvrđi-uvez.jpg>

Ovisno o vrsti presvlačnog materijala tvrdi se uvez dijeli na platneni, poluplatneni, polovični (polukožni, poluplatneni i polupergamentni), cjeloviti (cjelokožni, cjelopapirni, cjeloplatneni).

Knjižni blok se može lijepiti, šivati koncem kroz hrbat, šivati žicom kroz hrbat ili šivati žicom postrance hrpta.

Lijepljenje se koristi ukoliko je uvezna jedinica list papira, dok je šivanje knjižnog bloka koncem moguće je ako je uvezna jedinica knjižni slog. U tom se slučaju knjižni slogovi sabiru jedan na drugi, te uvezuju koncem.

Šivanje koncem kroz hrbat primjenjuje se najčešće za uvez knjiga većeg opsega kao što su romani, enciklopedije, monografije, leksikoni i slično.

Kod šivanja knjižnog bloka žicom kroz hrbat knjižni se slogovi sabiru jedan u drugi i takav se uvez primjenjuje kod izrade knjigoveških proizvoda manjeg opsega.

Ukoliko je knjižni blok šivan postrance hrpta, knjižni slogovi sabiru se jedan na drugi i šivaju žicom po strani hrpta uz pomoć letvica.

3.3.3. Mehanički uvez

Sadrži pojedinačne listove papira koji nisu međusobno spojeni šivanjem ili lijepljenjem, nego su uz pomoć neke mehaničke naprave (zakovice, kopče, spirale, vijci...) vezani u cjelinu. Najčešći oblici su plastični i žičani spiralni uvez.

Prednosti mehaničkog uveza su pojedinačni listovi papira, koji se kod nekih formi uveza mogu po volji umetati i vaditi. [7]

Ovaj tip uveza primjenu nalazi kod kataloga, cjenika, zidnih kalendara, školskih bilježnica, rokovnika i sl. Mehanički uvezane knjige mogu spadati u sve četiri kategorije knjiga (jednokratne, višekratne, trajne i s najvećim zahtjevom).



Slika 5. Primjeri mehaničkog uveza

http://www.centralbind.com/uploads/2/6/0/5/26051261/6617782_orig.jpg

3.4. Podjela knjiga prema formi uveza

Formu uveza određujemo prema načinu kojim ostvarujemo uvez, odnosno prema načinu na koji se uvezne jedinice spajaju u knjižni blok neke knjige i prema tome razlikujemo:

3.4.1. Bešavni uvez

Najjednostavnija i najjeftinija forma uveza koja se najčešće koristi kod knjiga za višekratnu namjenu.

Uvezne jedinice (koje kod bešavnog uveza mogu biti listovi papira ili knjižni slogovi, ovisno o nakladi, opsegu i vrsti materijala) se u knjižni blok spajaju

lijepljenjem. Ukoliko je uvezna jedinica knjižni slog, prije lijepljenja potrebna je obrada hrpta knjižnog bloka.

U bešavnoj formi uveza knjižni blok se može lijepiti bez mehaničke obrade hrpta, tzv. lepezastim lijepljenjem (*double fan binding*) i uz mehaničku obradu hrpta hrapavljenjem (*perfect binding*).

3.4.2. Šivani uvez

Razlikujemo dvije vrste šivane forme uveza:

1) Šivanje koncem

Knjižni slogovi se u knjižni blok povezuju pomoću igle i konca.

Kvaliteta tako kreiranog knjižnog bloka ovisi o kvaliteti konca, vrsti i gramaturi papira, opsega knjige, itd...

Šivane knjige karakterizira veći opseg, sam način uveza je kvalitetniji od bešavnog i koristi se za izradu knjiga trajnog karaktera ili knjiga s najvećim zahtjevom kao što su enciklopedije, Biblije, monografije i sl.

Šivanje može biti ručno ili strojno, a ističe se i brošurno šivanje koncem, tzv. štepanje, koje se koristi prilikom izrade knjiga manjeg opsega poput indeksa, putovnica, i sl. i kod kojeg je uvezna jedinica otisnuti tiskovni arak.

2) Šivanje žicom

Jedan od najjeftinijih i najjednostavnijih načina uveza.

Razlikujemo dvije vrste šivanja žicom: šivanje žicom kroz hrbat koje se koristi kod izrade jednokratnih proizvoda ili proizvoda manjeg opsega (obavezna uvezna jedinica je knjižni slog) i šivanje žicom postrance hrpta, kod kojeg je obavezna uvezna jedinica list papira i koristi se za uvez jednokratnih meko uvezanih knjiga, ili tvrdo uvezanih ručno izrađenih knjiga. [7] Kvaliteta šivanja žicom ovisi o vrsti i promjeru žice, broju spojnica i njihovim dimenzijama i obliku.

3.4.3. Mehanički uvez

Najjednostavniji je i najfleksibilniji tip uveza kod kojeg je uvezna jedinica gotovo uvijek list papira, a samo iznimno knjižni slog ukoliko se radi o velikoj nakladi i u tom se slučaju tako sabrani knjižni slogovi prije izvođenja same forme uveza obrezivanjem sa sve četiri strane pretvaraju u listove papira kao uvezne jedinice.

Razlikujemo tri osnovne vrste mehaničkog uveza:

1) spiralni uvez

Pojedinačni listovi papira se spajaju pomoću elastične plastične cijevi ili spiralne žice koje se provode kroz perforirani dio uz rub knjižnog bloka

2) uvez zakovicama

Listove uz pomoć mehaničke naprave spajamo u gotov proizvod

3) uvez vijkom i maticom

Pojedinačne listove papira spajamo u jednu cjelinu, ali uz mogućnost lake promjene sadržaja knjižnog bloka.

4. KVALITETA UVEZA

Forma bešavnog uveza je najjednostavnija i najjeftinija, a najčešća je kod knjiga za višekratnu namjenu gdje je bitan uvez trajne čvrstoće knjižnog bloka poput džepnih knjiga, adresara, telefonskih imenika i školskih knjiga, te kod jednokratnih knjiga većeg opsega kod kojih nije moguća forma šivanog uveza kroz hrbat knjižnog bloka.

Bešavni uvezi dominiraju u nakladničkoj proizvodnji knjiga zbog visoke efikasnosti procesa, jednostavne izrade i povoljne cijene.

Kvaliteta bešavnog uveza očituje se u čvrstoći hrpta, kompaktnosti knjižnog bloka, lakoći otvaranja, nevidljivosti linije lijepljenja, te sama ovisi o više faktora, a prvenstveno o vrsti mehaničke obrade hrpta knjižnog bloka, usklađenosti papira i ljepila, te nanosa ljepila.

4.1. Vrste uveznih jedinica

Izbor uvezne jedinice ovisi o nakladi i vrsti uveza, tj. njegovoj specifičnosti, opsegu o kojem ovisi broj listova papira ili knjižnih slogova u proizvodu, te zahtjeva obavezno projektiranje knjigoveških proizvoda prije same izrade. [8]

Razlikujemo dvije vrste uveznih jedinica:

4.1.1. List papira (LP)

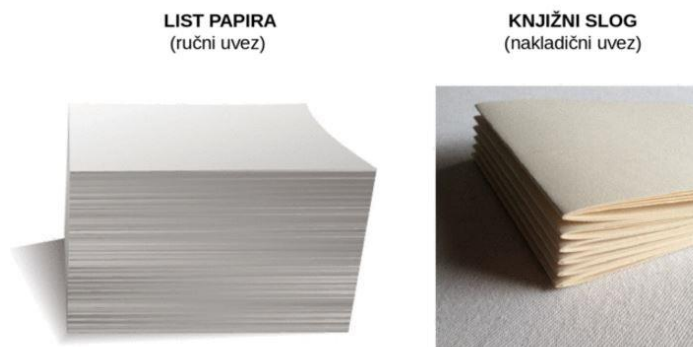
Definiramo ga kao jednostavnu uveznu jedinicu koju susrećemo u ručnom i nakladničkom uvezu knjige.

Najčešća je uvezna jedinica u knjižnom bloku za lijepljeni (bešavni) uvez, te svim vrstama mehaničkog uveza.

Primjeri proizvoda s listom papira kao uveznom jedinicom su blokovi za pisanje i crtanje, kolegij blokovi, ručno meko uvezane knjige, kalendari, rokovnici, i sl.

4.1.2. Knjižni slog (KS)

Kao uvezna jedinica je najčešće zastupljen u nakladničkom uvezu knjiga s izuzetkom mehaničkog uveza.



Slika 6. Vrste uveznih jedinica

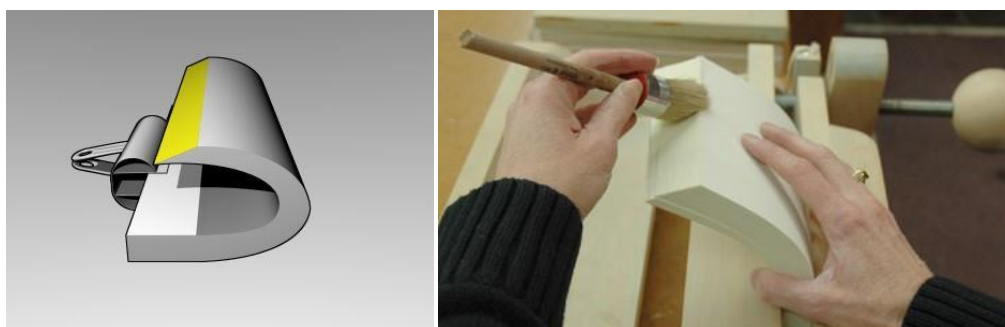
<http://documents.tips/documents/knjigovestvo.html#>

4.2. Tehnike lijepljenja u bešavnoj formi uveza

Razlikujemo dva osnovna principa obrade hrpta knjižnog bloka za formiranje bešavnih knjiga:

1) Bez mehaničke obrade - lepezasto lijepljenje (*double fan binding*):

Koristi se kod malih naklada u ručnom uvezu. Knjižni blok se obrezuje s četiri strane, a hrbat knjižnog bloka se savija u lepezu previjanjem knjižnog bloka na jednu, te zatim na drugu stranu, i pri tome se svaki puta premazuje slojem elastičnog hladnog ljepila (PVAc).



Slika 7. Lepezasto lijepljenje

<http://www.mothteeth.com/bookmaking/paperback.html>

http://www.hollanders.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/c/o/copy_of_fan-gluing.jpg

Na taj način ljepilo povezuje sve pojedinačne listove papira, nije samo na rubovima listova već prodire i između uveznih jedinica (listova papira), te je za očekivati veću čvrstoću uveza kod lijepljenja knjižnog bloka principom lepezastog lijepljenja. Hrbat knjižnog bloka je gladak i ravan, te se pojedinačni listovi potpuno otvaraju tijekom listanja knjižnog bloka.

2) Mehaničkom obradom hrpta - hrapavljenje (*perfect binding*):

Kod srednjih i velikih naklada u nakladničkom uvezu hrbat knjižnog bloka se mehanički obrađuje tako da svaki list po cijeloj dužini hrpta dođe u kontakt s ljepilom i na taj se način ostvaruje direktna veza između svakog lista knjižnog bloka i korica pri lijepljenju elastičnim hladnim ljepilom (PVAc), termoplastičnim hot-melt ljepilom (EVA) ili poliuretanskim (PUR) ljepilom. [9]

Jedna od najjeftinijih metoda uvezivanja lijepljene knjige je tehnologija *perfect binding* koja se koristi taljivim ljepilom i najčešće se koristi u masovnoj produkciji knjiga. Kratak vremenski interval sušenja taljivog ljepila izravno pridonosi brzini i efikasnosti u proizvodnji knjiga velikih naklada i primjena taljivog ljepila za vruće spajanje moguća je samo u tehnološkom postupku brzog lijepljenja jer slijepljeni spoj nastaje nakon samo nekoliko sekundi [10]. Mehanička priprema hrpta kod bešavnog uveza sastoji se u tome da se površina hrpta knjižnog bloka učini hrapavom povećavajući površinu za lijepljenje, pa ljepilo time lakše penetrira u papir čime se pojačava čvrstoća lijepljenog spoja i omogućava uspješnije povezivanje materijala.



Slika 8. Perfect binder

<http://www.adhesives.org/docs/default-document-library/onusseit-henkel-hotmelts-graphicsarts-wp.pdf?sfvrsn=0>

Kod nakladničkog uveza postoje razni tehnološki postupci koji se koriste za mehaničku obradu hrpta knjižnog bloka čime se knjižni slogovi razdvajaju u pojedinačne listove papira kao uvezne jedinice (što je zapravo i osnovno obilježje ove metode uvezivanja knjige) i omogućuje se sljepljivanje pojedinih listova sa koricama pri čemu dolazi do kontakta ljepila sa svakom uveznom jedinicom, ali ljepilo ne prodire između listova papira kao kod lepezastog lijepljenja, nego se nalazi samo na rubovima papira. Najčešći postupci su frezanje, brušenje, piljenje, urezivanje, a mogu biti postupci potpune ili djelomične obrade hrpta [11].



Slika 9. Mehanička obrada hrpta knjižnog bloka

<http://www.printitshop.co.uk/blog/wp-content/uploads/2014/05/notch.jpg>

S ciljem povećanja čvrstoće knjižnog bloka, kako bi proizvodi bili dugotrajniji, vrši se naljepljivanje tekstilnog materijala (gaze) na hrbat.

Uloga gaze je da poveća mehaničku čvrstoću knjižnog bloka i da bolje poveže listove papira čime se povećava kvaliteta uveza.

4.3. Ljepila u bešavnoj formi uveza

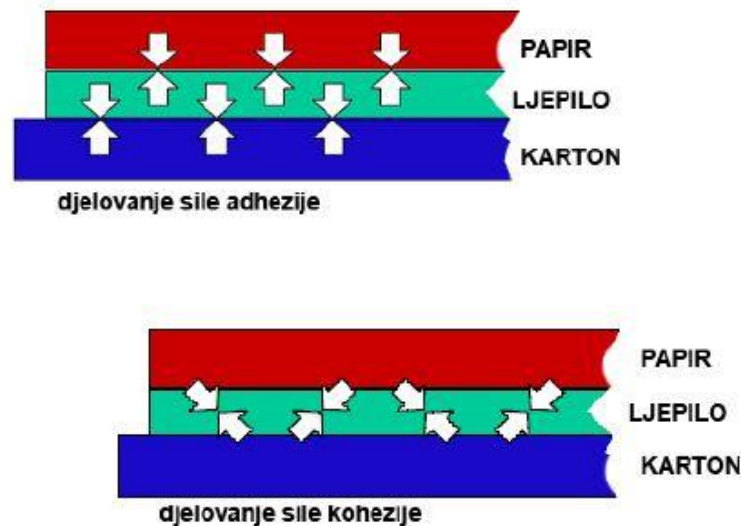
Lijepljenje je spajanje dvaju ili više istovrsnih ili različitih materijala adhezijom trećega, kojeg nazivamo ljepilo.

Lijepljenje kao operacija se primjenjuje pri izradi mnogih grafičkih proizvoda, a jedna od najznačajnijih primjena je kod bešavnog uveza gdje se kod ručnog uveza ljepilo nanosi četkom pri čemu dolazi do intenzivnijeg premazivanja (više ljepila znači i bolju prodornost u papir), dok se kod strojnog nanošenja ljepila koriste valjci.

Kao preduvjet za ljepljenje ljepilo mora imati svojstvo adhezije prema materijalu koji se lijepi, a ono samo mora imati dovoljnu koheziju i stabilnost među česticama samog ljepila da bi veza između slijepljenih materijala bila trajna i čvrsta. Također ljepilo ne smije bitno mijenjati svojstva materijala koje spaja i konačna svojstva ljepila moraju odgovarati svojstvima materijala koji se lijepi.

Adheziju definiramo kao silu povezivanja između ljepila i površine materijala koji se lijepi, te je kao takva bolja što je jači kontakt između dvaju površina.

Koheziju definiramo kao međuatomsku ili međumolekularnu silu koja djeluje između susjednih čestica neke tvari, tj. silu povezivanja u samom sloju ljepila, te je ona bolja što je tanji i ravnomjerniji nanos ljepila [7].



Slika 10. Shema djelovanja sile adhezije i kohezije

<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/Ljepila.pdf>

Općenito proces ljepljenja se može podijeliti u 4 faze:

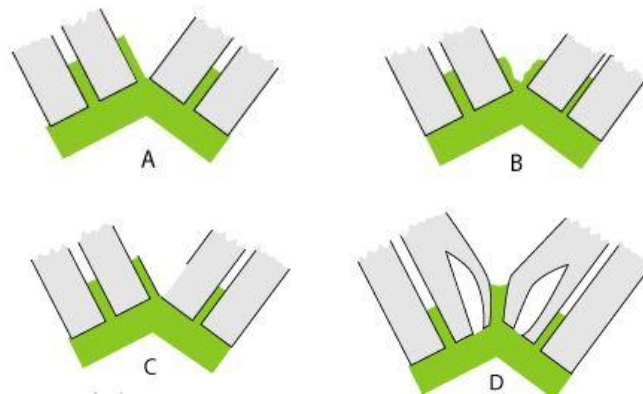
- 1) dovođenje ljepila u stanje u kojem ga možemo nanositi na površinu tvari koje želimo sljepiti
- 2) pripremanje površine tvari za sljepljivanje
- 3) nanošenje ljepila na pripremljene površine
- 4) spajanje tvari koje se lijepe preko površina na koje je ljepilo nanoseno

S obzirom na proces lijepljenja načini vezivanja ljepila mogu biti [12]:

- silom: u procesu lijepljenja potrebno je ostvariti silu
- temperaturom: u procesu lijepljenja potrebno je ostvariti temperaturu
- vremenom: u procesu lijepljenja potrebno je osigurati vremenski period u kojem će spojeni djelovi ostati nepomični

Kvaliteta bešavnog uveza u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti veze između listova koji tvore knjižni blok. Kod takvih veza može doći do nekoliko tipova popuštanja spoja na liniji veza [10, 11]:

- A. adhezivna greška: pucanje veze između papira i ljepila
- B. kohezivna greška: lom u samoj strukturi ljepila
- C. prekid veze na površini papira (površinski sloj ili premaz se drži za ljepilo, ali se odvaja od papira)
- D. ljepilo prianja uz papir, ali uslijed mehaničkog naprezanja nastaju unutarnje pukotine u papiru (nepremazani i voluminozni papiri)



Slika 11. Sheme popuštanja spoja na liniji veza

<http://www.temperproductions.com/Bookbinding%20How-to/Reflections/reflect2.htm>

Koju ćemo vrstu ljepila koristiti za lijepljenje knjižnog bloka ovisi o vrsti papira od kojeg je napravljen knjižni blok, te o namjeni knjige, tj. o učestalosti korištenja knjige.

Najčešće korištena ljepljiva za lijepljenje knjižnog bloka u bešavnoj formi uveza su:

4.3.1. Polivinil-acetat emulzije (PVAc)

Spada u disperzijska ljepljiva koja definiramo kao heterogene sustave koji sadrže čvrstu i tekuću komponentu sa udjelom čvrste komponente od 40 do 80%.

Polivinil-acetat emulzije su disperzije hladnog ljepljiva s oko 50% suhe tvari.

PVAc je polimer vinil-acetata dobiven polimerizacijom monomera u vodi.

Disperzijska ljepljiva su hladna ljepljiva, tj. primjenjuju se na temperaturama od 18°C do 25°C.

Povoljne osobine takvih ljepljiva su elastičnost filma, otpornost na starenje, mogućnost upotrebe na sobnim temperaturama, povoljan viskozitet, dobra adhezija, mogućnost strojnog i ručnog nanošenja, ekonomičnost naspram drugih ljepljiva.

Nedostatak disperzijskih ljepljiva je dugo vrijeme sušenja, što produžuje proces proizvodnje jer su potrebna 3-4 sata do mogućnosti obrezivanja.

Vrijeme aplikacije disperzijskih ljepljiva određeno je apsorpcijom ili isparavanjem vode koju sadrži.

Disperzijska ljepljiva stvaraju čvrstu vezu u 4 faze [13]:

- 1) Početni kontakt pri kojem ljepljivo treba prodrijeti što bolje u pore podloge
- 2) Odstranjivanje vode – ljepljivo ostaje između podloga koje se lijepe nakon difuzije vode u podloge
- 3) Inicijalno formiranje filma ljepljiva
- 4) Stvaranje kompaktnog sloja lijepljenja

PVAc emulzije sadrže razne dodatke koji im se dodaju kako bi se dobila ljepljiva za posebne namjene:

- Plastifikatori (omekšivači):

Najvažniji dodatak PVAc ljepljivima čijim utjecajem sloj ljepljiva postaje elastičniji i mekši, povećavaju se sile adhezije dok sile kohezije tek neznatno slabe.

Kao omekšivači se koriste jednostavni esteri – tvari koje tvore film oko čestica disperzije čime se povećava udaljenost među njima i smanjuje njihova povezanost, što pak dovodi do povećanja fleksibilnosti filma ljepljiva i smanjuje minimalnu potrebnu temperaturu za stvaranje filma.

- Otapala:

Na svojstva PVAc emulzije djeluju slično kao i omekšivači (snižavaju temperaturu stvaranja filma), no njihov je učinak privremen. Budući da otapalo u konačnici potpuno ishlapi, ne utječe na svojstva ljepila.

Kao otapala se koriste alkoholi, esteri, ketoni i aromatski ugljikovodici, a dodaju se ljepilu u količinama od 1% do 5% na suhu tvar PVAc ljepila.

- Punila:

Punila se dodaju ljepilu kako bi se povećao udio suhe tvari, povećala viskoznost i gustoća, povećala izdržljivost, smanjila penetracija i smanjila cijena ljepila.

Udio punila ima jak utjecaj na kvalitetu i svojstva ljepila jer prevelik udio smanjuje snagu lijepljenja. Za razliku od anorganskih, organska se punila dodaju u malim količinama jer imaju veći utjecaj na smanjenje čvrstoće i povećanje viskoznosti ljepila (organska se dodaju u udjelu od 5% do 10%, a anorganska i do 50% na suhu tvar PVAc ljepila)

4.3.2. *Hot-melt (taljiva) ljepila (EVA)*

Termoljepila su homogene smjese termoplastičnih materijala koji na povišenim temperaturama prelaze u tekuće stanje, a na sobnoj se temperaturi nalaze u čvrstom stanju. Ne sadrže vodu ili otapala, pa ih se može smatrati 100%-tnim krutinama. Isporučuju se u granulama ili pločicama.



Slika 12. Različite izvedbe *hot-melt* ljepila

<https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/dimension=630x10000:format=jpg/path/s7a6d79e061994425/image/i902470bde9d49fce/version/1279031758/bea-hotmelt-vru%C4%87e-ljepilo.jpg>

Trokomponentni su sustavi i sastoje se od osnovnog termoplastičnog polimera (odgovornog za elastičnost, adheziju i koheziju), smole (poboljšava adheziju i viskozitet, te sprečava starenje ljepila) i omekšivača (uglavnom parafin za povećanje viskoziteta)

Etilen-vinil acetat (EVA) kopolimer se koristi kao osnovni polimer za hot-melt ljepila u grafičkoj industriji. Za razliku od PVAc ljepila koja pružaju fleksibilniji hrbat, hot-melt ljepila su kruta i neelastična. Hot-melt ljepilima lijepe se stolni kalendari i blokovi i ono omogućuje lako otkidanje listova. EVA ljepila imaju tendenciju pucanja ako se pohranjuju na vrlo hladnim mjestima, dok PVAc ljepila imaju bolju stabilnost na ekstremnim temperaturama.

Zagrijavaju se neposredno prije primjene na temperature od 160°C do 180°C što ih čini rastezljivima, daju jako ljepljiva svojstva u većini uvjeta, brzo prijanjaju uz podlogu, relativno su jeftina i univerzalna su dovoljno da ih se koristi na premazanim i nepremazanim papirima.

U proizvodnji grafičkih proizvoda su jako popularna zbog velike čvrstoće sljepljivanja, dimenzionalne stabilnosti, te zbog brzog sušenja koje omogućuje velike brzine proizvodnje na proizvodnim linijama.

Nedostaci ovakvog tipa ljepila su ograničena elastičnost, neotpornost na niske temperature, nemogućnost korištenja u ručnom uvezu zbog potrebnih visokih radnih temperatura [13].

4.3.3. *Poliuretanska (PUR) ljepila*

Glavni su predstavnik termoreaktivnih ljepila u grafičkoj industriji.

Slična su tradicionalnom hot-melt ljepilu, a proizvode se od poliuretanskog reaktivnog (PUR) materijala, te osim osnovnih tvari sadrže još i punila i tvari za razrjeđivanje.

Smatra ih se najfleksibilnijim i najizdržljivijim ljepilima za uvezivanje na tržištu, a te ih karakteristike čine idealnim za uvez udžbenika za srednje škole, knjige koje se često koriste i one tiskane na velikoj gramaturi papira. Knjige uvezane PUR ljepilom izdržavaju bez raspadanja i u najzahtjevnijim uvjetima.

Proizvodi ljepljeni PUR ljepilom zahtjevaju manju pripremu hrpta knjige od drugih vrsta ljepila, a pull-test knjiga ljepljenih PUR ljepilima daje do 2.5 puta bolje rezultate od standardnog EVA ljepila za meki uvez.

Po osobinama se nalaze između PVAc i EVA ljepila, nanošenje se vrši na temperaturama od 120°C do 130°C, inicijalna veza se javlja neposredno nakon nanošenja ljepila na podlogu što omogućava daljnju obradu proizvoda bez odlaganja, no konačna čvrstoća ljepljenog spoja postiže se tek nakon minimalno 6 sati sušenja [13].

Prednosti PUR ljepila su otpornost na starenje, visoka elastičnost, izvanredna izdržljivost knjiga uvezanih PUR ljepilom čak i na ekstremno niskim temperaturama, mogućnost primjene kod premazanih papira.

Nedostaci su osjetljivost na vlagu u zraku, zbog čega se koriste u specijalnim zatvorenim jedinicama za ljepljenje, te vrijeme potrebno za potpuno sušenje ljepljenog spoja.

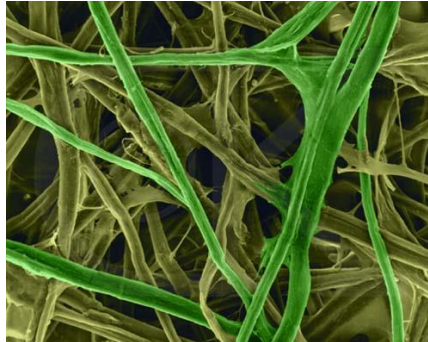
Usporedba karakteristika triju navedenih vrsta ljepila koja se koriste kod bešavnog uveza prikazana je u Tablici 1.

Tablica 1. Karakteristike ljepila za bešavni uvez [13]

PVAc ljepila	EVA ljepila	PUR ljepila
jaka ljepljena veza	jaka ljepljena veza	vrlo jaka ljepljena veza
elastičan film ljepila	neelastičan film ljepila	vrlo elastičan film ljepila
otporna na starenje	nisu otporna na starenje	otporna na starenje
zahtjeva sušenje	zahtjeva hlađenje	zahtjeva hlađenje
debljina nanosa 0.2-0.3 mm	debljina nanosa 0.5-0.7 mm	debljina nanosa 0.3-0.4 mm
radna temp. 18°C – 25°C	radna temp. 160°C – 180°C	radna temp. 120°C – 130°C
potpuno sušenje nakon 48h	potpuno sušenje nakon 24h	potpuno sušenje nakon 72h
jednostavna jedinica za nanošenje ljepila	zagrijana jedinica sa istopljenim ljepilom	specijalna jedinica za nanošenje ljepila
pogodno za KB od nepremazanih papira	pogodno za KB od premazanih i nepremazanih papira	pogodno i za proizvode od problematičnih papira

4.4. Utjecaj sastava i svojstava papira na čvrstoću bešavno uvezenog knjižnog bloka

Primarnu strukturu papira tvori mreža isprepletenih celuloznih vlakana.



Slika 13. Mikroskopski prikaz mreže celuloznih vlakana u papiru

<https://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/cellulosem.jpg>

U procesu proizvodnje papira, s ciljem postizanja željenih svojstava ovisno o namjeni papira, vlaknima se dodaju različiti dodaci od kojih su najvažniji punila, keljiva i bojila [14].

4.4.1. Punila

Dodaju se tijekom proizvodnje papira, ili pak naknadno u obliku površinskog premaza čime nastaje premazani papir.

Čestice punila djelomično popunjavaju šupljine u vlaknastoj strukturi papira smještajući se između vlaknaca. Time se papirima poboljšavaju tiskovna svojstva, povećava im se glatkoća, postaju kompaktniji i podatniji za tisak [10].

Uobičajeni udio punila u papiru iznosi od 5% do 30% u odnosu na vlaknastu masu, a ukoliko je udio punila veći od 30% mijenjaju se mehanička svojstva papira, smanjuje se čvrstoća papira jer dolazi do prekida veza među vlakancima, smanjuje se otpornost papira prema kidanju i cijepanju, dolazi do pojave površinskog prašenja papira što negativno utječe na čvrstoću spoja u bešavnom uvezu jer čestice papirne prašine smanjuju hrapavost površine papira, tj. smanjuju kontaktnu površinu između ljepila i papira zatvarajući otvore na površini samog papira.

4.4.2. Keljiva

Keljiva su organski dodaci papiru koji se poput punila mogu dodavati tijekom procesa proizvodnje papira (keljenje po cijeloj dubini lista), ili u obliku premaza na gotovom papiru, a moguće je i kombinirati ova dva postupka.

Uloga keljiva je smanjivanje ili sprečavanje kontakta celuloznih vlakana s vodom i u papiru je udio keljiva 3-4% u odnosu na suhu vlaknastu masu.

Dodatkom keljiva smanjuje se upojnost papira, te se takvi papiri koriste za višebojni tisak ili izradu bilježnica i pisaćih papira po kojima se može pisati tintom bez razlijevanja. Najčešće se koristi keljivo na bazi škroba.

Procesom keljenja se vlakanca u papiru bolje povezuju čime se smanjuje prašenje papira i poboljšavaju njegova mehanička svojstva (čvrstoća, otpornost na savijanje, otpornost na kidanje, otpornost na pucanje i smanjuje se efekt čupanja i prašenja papira).

4.4.3. Bojila

Bojila su dodaci koji se najčešće dodaju tijekom izrade papira.

Kod izrade bijelih papira bojila povećavaju stupanj bjeline, a kod obojenih papira se njihovim dodavanjem u papirnu masu može dobiti željena boja i ton.

Bojila su krute organske tvari koje se otapaju u vezivu, a dodavanje bojila, veziva i pigmenta smanjuje čvrstoću knjižnog bloka jer se smanjuje površinska hrapavost papira.

4.4.4. Svojstva papira

Svojstva papira možemo grupirati u nekoliko skupina i neka od tih svojstava imaju izravan utjecaj na čvrstoću knjižnog bloka [14]:

Opća svojstva papira:

Debljina papira: ima utjecaj na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja jer se povećanjem debljine papira povećava fizikalni kontakt površine vlakana s ljepilom.

Gramatura papira: papiri veće gramature imaju izravan utjecaj na povećanje čvrstoće adhezijske veze, dok papir manje gramature pokazuje veća savijanja hrpta i stvaranje ureza nepravilnog oblika bez učestalosti njihovog pojavljivanja po jedinici duljine.

Prostorna masa (specifični volumen) ili gustoća papira: definirana je kao volumen 1 g papira izražen u cm^3 , a pokazalo se da papir većeg volumena povećava rezultate čvrstoće slijepljenog spoja.

Uzdužni i poprečni smjer lista papira: da bi uvez bio čvršći i stabilniji važno je da smjer izrade papirne trake teče paralelno s hrptom knjige, tj. linijom veza.

Svojstva površine papira

Glatkost ili hrapavost: povećanjem hrapavosti povećava se dodirna površina s ljepljivom, te je slijepljeni spoj čvršći

Prašenje papira: tijekom prerade papira sitne čestice prašine se oslobađaju s površine papira i nakupljaju se na rubovima lista gdje mogu smanjiti kvalitetu slijepljenog spoja, pa se stoga u bešavnom uvezu knjiga, prilikom obrade hrpta knjižnog bloka, usisavačima odvođi papirna prašina iz pukotina papira i povećava hrapavost tj. dodirna površina papira i ljepljiva što rezultira povećanjem čvrstoće slijepljenog spoja.

Svojstva lista papira:

Upojnost: u listu papira se nalaze šupljine koje utječu na prodiranje tekućine u papir, tj. njegovu upojnost, a ovisno o načinu izrade papir ima više ili manje šupljina (više je ili manje upojan) što utječe na jače ili slabije prodiranje ljepljiva u strukturu papira što pak utječe na čvrstoću slijepljenog spoja

Dimenzionalna stabilnost: povećanjem vlage u papiru vlakna nabubre i dolazi do ekspanzije u poprečnom smjeru lista papira, zbog čega je nužno da uzdužni smjer vlakana slijedi liniju uvezivanja jer bi u suprotnom došlo do pucanja ljepljiva i slabljenja slijepljenog spoja zbog promjene dimenzije papira

Keljenost: keljenjem se zatvara sama površina lista papira, te papir poprima hidrofoban karakter što poboljšava kvalitetu otiskivanja, ali negativno utječe na upojnost taljivog ljepljiva koje teže prodire u strukturu papira i time je čvrstoća slijepljenog spoja smanjena.

Mehanička svojstva papira:

Otpornost prema kidanju: papir sa većom otpornošću prema kidanju ima sposobnost urezivanja većeg broja pravilnih ureza na hrptu knjižnog bloka [10].

Otpornost prema savijanju: u formi bešavnog uveza ovo je svojstvo važno jer papiri manje gramature imaju manju otpornost na savijanje što utječe na proces obrade hrpta knjižnog bloka i uslijed povećanog savijanja stvaraju se urezi nepravilnog oblika na hrptu i smanjuje se njihova učestalost po jedinici duljine

Optička svojstva papira:

Sjajnost: postiže se kalandriranjem, premazivanjem i glačanjem premaza, a sjajni papir ima manju površinsku hrapavost što smanjuje sposobnost mehaničkog vezanja taline ljepljiva u pukotine i otvore na površini papira, te time smanjuje čvrstoću lijepljenog spoja

5. EKSPERIMENTALNI DIO

5.1. Pristup problemu

Čvrstoća knjižnog bloka je kriterij po kojem se procjenjuje kvaliteta uveza knjige, te je cilj ovog rada ispitati čvrstoću knjižnih blokova nastalih pomoću dva osnovna principa obrade knjižnog bloka za bešavni uvez knjiga (uz mehaničku obradu - hrapavljenjem i bez mehaničke obrade – lepezastim lijepljenjem) i utvrditi koji način lijepljenja daje bolju čvrstoću knjižnog bloka.

Mjerenja se vrše kidalicom IDM Page Pull Tester P0011 za svaki od 20 izrađenih knjižnih blokova (po 10 od svake vrste obrade hrpta knjižnog bloka), gdje se u svakom knjižnom bloku vrše mjerenja na 10 unaprijed definiranih identično pozicioniranih listova po cijeloj širini ručno izrađenih knjižnih blokova, izmjerene se vrijednosti statistički obrađuju i uspoređuju se srednje vrijednosti dobivenih rezultata kako bi se utvrdilo koji način obrade hrpta daje bolje rezultate što se tiče čvrstoće knjižnog bloka.

Za potrebe ovog istraživanja provedeni su standardizirani uvjeti pripreme materijala (papira, ljepila) i tehnološkog procesa uveza lijepljene knjige, a kao orijentir korištene su FOGRA norme pomoću kojih su kategorizirani dobiveni rezultati.

5.2. Korišteni materijali i uređaji

Za potrebe ispitivanja ručno je izrađeno je 20 knjižnih blokova kod kojih su slijedeći parametri bili konstantni:

- vrsta papira: Bn (bezdrveni nepremazani)
- gramatura papira: 80 g/m²
- vrsta ljepila: PVAc
- gotov format: 140 mm (širina) x 210 mm (visina)
- opseg knjižnih blokova: 140 stranica tj. 70 uveznih jedinica (listova papira)

dok je jedini varijabilni parametar bio način obrade hrpta knjižnog bloka, te je naklada od 10 knjižnih blokova bila izrađena po principu mehaničke obrade hrpta hrapavljenjem uz dodatno učvršćivanje lijepljenjem gaze na hrbat knjižnog bloka, a ostatak ukupne

naklade od preostalih 10 knjižnih blokova bio je izrađen bez mehaničke obrade hrpta, lepezastim lijepljenjem.

Knjižni blokovi izrađeni su bez tiska koji nije bio ključan za provođenje ovog istraživanja, te nisu spajani s koricama jer je ispitivanje fokusirano na čvrstoću knjižnih blokova za koje korice nisu bile potrebne.

Ručna izrada knjižnih blokova provedena je kroz slijedeće tehnološke operacije ručne izrade bešavnog uveza:

- 1) rezanje listova papira na zadani format



Slika 14. Listovi papira rezani na željeni format

Fotografija autora

- 2) brojanje listova papira i formiranje knjižnog bloka (opseg knjige je 70 listova papira (140 stranica), ali kako stranice nisu paginirane jer tiska nije bilo, početna operacija nije bilo sabiranje nego brojanje)



Slika 15. Prebrojani listovi papira za 20 knjižnih blokova

Fotografija autora

- 3) uglavljivanje knjižnog bloka u škripac kako se ne bi pomicao prilikom hrapavljenja/lepezastog povijanja



Slika 16. Uglavljeni knjižni blok

Fotografija autora

- 4) hrapavljenje hrpta knjižnog bloka (urezivanje kosih utora nožićem kako bi se povećala hrapavost površine s ciljem što boljeg prihvaćanja ljepila) za 10 knjižnih blokova obrađenih tom metodom / obostrano savijanje hrpta u lepezu za 10 knjižnih blokova gdje se koristila metoda lepezastog lijepljenja



Slika 17. Urezivanje kosih utora na hrbat knjižnog bloka i savijanje hrpta u lepezu

Fotografije autora

- 5) nanošenje ljepila na hrbat knjižnog bloka
6) lijepljenje gaze na hrbat knjižnog bloka



Slika 18. Lijepljenje gaze na hrbat knjižnog bloka

Fotografija autora

7) sušenje izrađenih knjižnih blokova pod utezima



Slika 19. Sušenje knjižnih blokova pod utezima

Fotografija autora

8) obrezivanje knjižnih blokova na brzorezaču

Papir korišten za izradu knjižnih blokova je bezdrvni nepremazani gramature 80 g/m² “Plano Speed” proizvođača Papyrus.



Slika 20. Plano Speed papir

http://www.papyrus.com/MEDIA_CustomProductCatalog/G_m790056_small_SSD_PlanoSpeed_400x400_small.jpg

Korišteno je “Signokol L” ljepilo izrađeno na bazi vodene disperzije polivinilacetata (PVAc) uz dodatak aditiva. Definirano je kao ljepilo za lijepljenje pri izradi i zatvaranju kartonske ambalaže, za izradu papirnih vrećica, za kaširanje papira i kartona, za razna etiketiranja, te za lijepljenja u knjigovežnicama i namijenjeno je ručnom i strojnom nanošenju. Optimalni uvjeti lijepljenja su na temperaturama između 18°C i 20°C, te pri relativnoj vlazi zraka od 60% do 70%. Ljepilo ima 45% ($\pm 2\%$) suhe tvari i dinamičku viskoznost (pri 20°C) od 8000-10000 mPas.

Mjerenje sile kidanja pojedinačnog lista iz knjižnog bloka obavljeno je na uređaju IDM Page Pull Tester Model: P0011.



Slika 21. IDM Page Pull Tester

<http://www.idminstruments.com.au/products/pagepulltester>

To je standardizirani uređaj na kojem se mjeri vlačna sila kidanja lista papira (F/N) a čvrstoća slijepljenog spoja F_z (N/cm) izračunava se tako da se sila kidanja (F) podijeli s visinom knjižnog bloka (cm).

Izvođenje pull-testa zahtjeva više uzastopnih mjerenja i na osnovu pojedinačnih mjerenja dobiva se srednja vrijednost sile potrebne za izvlačenje pojedinih listova papira iz filma ljepila na hrptu knjižnog bloka. Prema preporuci FOGRA instituta preporučeni broj uzastopnih mjerenja iz jednog knjižnog bloka za disperzijska ljepila iznosi minimalno 8. Pored broja izvedenih uzastopnih mjerenja iz jednog knjižnog bloka, na rezultat analize može utjecati i položaj ispitanih listova unutar knjižnog bloka, te se biraju točno određeni listovi papira iz svakog dijela knjižnog bloka (prednjeg, središnjeg i stražnjeg).

Instrument registrira vlačnu silu naprezanja potrebnu da se istrgne list papira iz ljepljenog spoja na hrptu knjižnog bloka.

Određeni list iz knjižnog bloka pričvršćuje se na dio instrumenta dok je knjižni blok uglavljen u fiksnom držaču, te se uključanjem instrumenta list papira počinje povlačiti prema gore uz vidljiv rast vrijednosti sile potrebne za kidanje koja se zaustavlja u trenutku kada se list istrgne iz knjižnog bloka.



Slika 22. Trenutak kidanja lista iz knjižnog bloka i prikazana sila
Fotografija autora

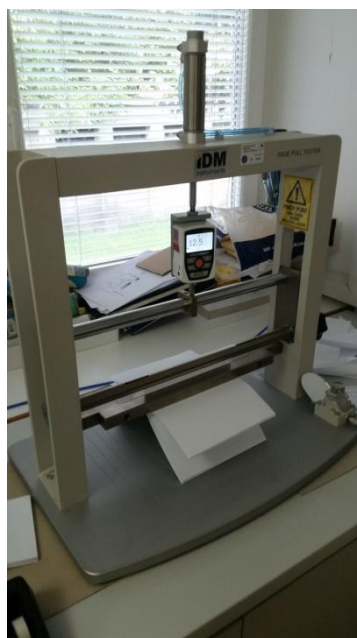
Do odvajanja lista od lijepljenog knjižnog bloka može doći uslijed [10]:

- loše adhezije ako dođe do kidanja uveza između ljepila i papira
- loše kohezije ako dolazi do kidanja u samom filmu ljepila
- površinskog kidanja lista papira, ako je adhezija ljepila i podloge adekvatna, ali je kohezija sloja premaza na papiru mala
- unutrašnjeg kidanja lista papira, ako je adhezija ljepila sa podlogom dobra, a unutrašnja kohezija papira je nedovoljna

5.3. Opis ispitivanja

Ispitivana je naklada od 20 ručno izrađenih knjižnih blokova bešavnom formom uveza od kojih je 10 bilo izrađeno tehnikom mehaničke obrade hrpta, tj. hrapavljenjem, a 10 je izrađeno tehnikom lepezastog lijepljenja.

Sile kidanja pojedinačnih listova iz 20 izrađenih knjižnih blokova mjerili smo pomoću uređaja IDM Page Pull Tester P0011. Uvjeti kidanja lista papira bili su isti za svih 20 knjižnih blokova i mjerenja su izvedena uzastopno u istom danu kako bismo osigurali identične uvjete. Od završetka izrade knjižnih blokova do početka kidanja listova papira na uređaju prošlo je 48 sati.



Slika 23. Knjižni blok pripremljen za mjerenje na kidalici

Fotografija autora

Listovi papira kidani su po unaprijed definiranom redoslijedu koji je bio isti za sve uzorke knjižnih blokova. Iz svake knjige istrgnuto je 10 listova papira: 1., 10., 18., 26., 34., 37., 45., 53., 61. i 70. . Dobiveni rezultati ispitivanja čvrstoće knjižnih blokova izrađenih objema tehnikama bešavnog uveza uspoređeni su sa FOGRA vrijednosnim ocjenama za čvrstoću knjižnog bloka bešavnog uveza za disperzijska ljepljiva prema tablici 2.

Tablica 2. FOGRA vrijednosne ocjene za čvrstoću knjižnog bloka bešavnog uveza za disperzijska ljepila [11]

Čvrstoća uveza	Disperzijska ljepila
slaba	< 5.5 N/cm
zadovoljavajuća	5.5 – 6.5 N/cm
dobra	6.5 – 7.5 N/cm
vrlo dobra	> 7.5 N/cm

Ispitivanje je teklo u nekoliko faza:

- 1) određivanje pozicija listova u knjižnom bloku koji će se ispitivati i kidati iz ispitivanih knjižnih blokova
- 2) kidanje 10 uzoraka po definiranom rasporedu
- 3) bilježenje dobivenih rezultata (N)
- 4) izračunavanje srednjih vrijednosti jedinične sile: N/cm i standardne devijacije (σ) za sve ispitivane knjižne blokove
- 5) analiza rezultata

5.4. Rezultati ispitivanja

Rezultati ispitivanja prikazani su u tablicama 3. i 4. i prikazuju sile potrebne za kidanje točno definiranih listova iz pojedinačnih knjižnih blokova ovisno o načinu obrade hrpta.

Rezultati sila (F) dobivenih mjerenjem na kidalici dijele se sa dužinom hrpta, tj. visinom obrezanog knjižnog bloka (h), kako bismo ih prilagodili standardnoj mjernoj jedinici za čvrstoću knjižnog bloka (N/cm) i dobivene vrijednosti se unose u tablice i analiziraju.

$$F_z = F / h \text{ [N/cm]}$$

Tablica 3. Sistematizacija rezultata ispitivanja knjižnih blokova izrađenih lepezastim lijepljenjem

BROJ UZORKA - lepezasto lijepljenje													
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.			
Položaj LP u KB	Vlačna sila po visini (N/cm)										aritm.	σ	
1.	8.585	10.634	8.780	7.561	8.366	8.902	7.829	7.000	9.683	11.537	8.921	1.391	
10.	10.756	10.976	10.317	11.463	10.488	10.488	11.463	5.268	6.293	8.049	9.423	2.180	
18.	11.024	11.854	8.463	9.805	6.366	11.293	6.976	10.073	7.951	11.024	9.312	1.851	
26.	11.244	10.756	6.927	11.537	7.073	11.415	10.927	8.561	7.878	11.707	9.642	1.890	
34.	9.585	8.854	7.341	9.732	7.707	9.415	11.780	11.732	6.024	11.537	9.347	1.959	
37.	11.561	8.561	11.561	5.561	10.756	10.463	11.537	11.659	7.268	9.073	9.604	2.028	
45.	11.366	11.707	11.098	10.415	11.024	11.098	5.805	5.390	9.366	6.707	9.179	2.370	
53.	11.561	11.585	11.390	11.463	11.537	9.737	5.293	6.024	9.195	5.171	9.044	2.640	
61.	8.341	11.049	9.756	10.829	9.463	11.683	9.878	11.220	9.683	11.366	10.547	0.798	
70.	8.439	6.220	11.537	9.463	11.610	11.780	7.293	6.244	6.488	7.707	8.705	2.276	
Aritmetička sredina KB	10.246	10.220	9.717	9.783	9.439	10.627	8.878	8.317	7.983	9.388			
Čvrstoća uveza	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra			
Standardna devijacija (σ)	1.291	1.705	1.663	1.819	1.834	0.949	2.385	2.521	1.364	2.256			
Aritmetička sredina svih KB	9.460												
Čvrstoća uveza	vrlo dobra												
St. devijacija (σ) svih KB	1.779												

Tablica 4. Sistematizacija rezultata ispitivanja knjižnih blokova izrađenih hrapavljenjem hrpta

BROJ UZORKA - hrapavljenje												
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
Položaj LP u KB	Vlačna sila po visini (N/cm)										aritm.	σ
1.	11.854	11.610	11.024	10.122	11.634	11.171	10.780	11.463	11.317	10.951	11.193	0.479
10.	3.976	9.732	3.561	5.902	7.805	2.439	10.024	2.073	9.390	3.829	5.873	2.959
18.	3.146	5.317	10.707	5.098	8.805	8.244	8.049	5.854	9.244	7.341	7.180	2.170
26.	3.220	10.244	5.780	11.220	5.951	3.805	8.927	7.341	11.439	3.732	7.166	2.989
34.	11.463	8.439	11.634	5.878	8.732	5.439	5.488	8.122	7.220	11.341	8.376	2.317
37.	9.000	3.439	10.756	7.073	5.220	4.293	5.683	3.463	11.390	3.829	6.415	2.854
45.	6.268	8.854	6.244	3.561	11.049	11.683	10.537	4.268	7.341	9.585	7.939	2.695
53.	4.610	8.317	10.122	2.390	2.780	2.244	11.341	2.317	9.780	6.951	6.085	3.450
61.	10.195	6.512	6.683	9.390	8.073	10.854	8.683	11.293	10.146	8.854	9.068	1.552
70.	9.537	9.537	6.439	8.951	7.049	10.317	11.659	11.317	11.146	11.024	9.698	1.702
Aritmetička sredina KB	7.327	8.200	8.295	6.959	7.710	7.049	9.117	6.751	9.841	7.744		
Čvrstoća uveza	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	vrlo dobra		
Standardna devijacija (σ)	3.280	2.329	2.698	2.761	2.509	3.607	2.082	3.539	1.504	2.935		
Aritmetička sredina svih KB	7.899											
Čvrstoća uveza	vrlo dobra											
St. devijacija (σ) svih KB	2.724											

5.5. Rasprava rezultata ispitivanja

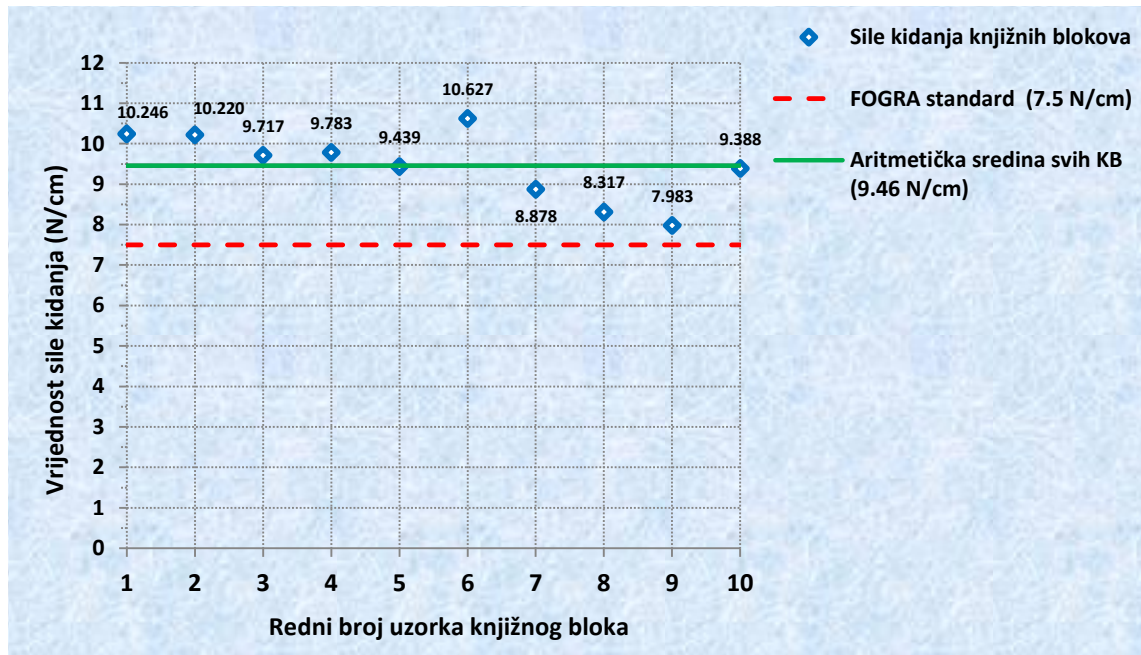
Iz rezultata dobivenih ispitivanjem 10 knjižnih blokova izrađenih principom lepezastog lijepljenja (tablica 3. i grafikon 1.) jasno je vidljivo da ovaj princip daje vrlo kvalitetne uveze sa vrlo dobrom čvrstoćom knjižnog bloka prema standardima propisanim od strane FOGRA instituta za bešavni uvez uz korištenje PVAc ljepila (vrijednosti veće od 7.5 N/cm).

Svih 10 ispitivanih knjižnih blokova imalo je ocjenu vrlo dobre čvrstoće uveza prema FOGRA standardu, nakon što smo za svaki izračunali aritmetičku sredinu ispitivanih vrijednosti.

Sveukupna aritmetička sredina svih ispitanih knjižnih blokova u vrijednosti od 9.46 N/cm daleko je iznad vrijednosti FOGRA standarda.

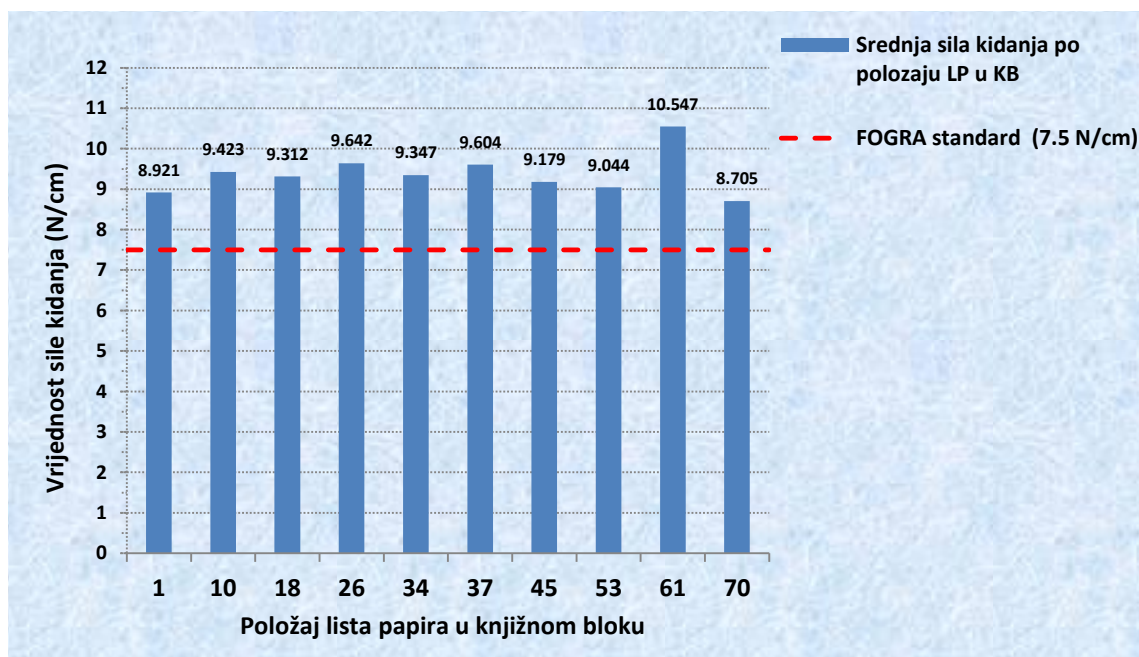
Vrijedi spomenuti da su standardne devijacije za ispitivane blokove izrađene ovim principom relativno male i ujednačenih vrijednosti (od 0.949 N/cm do 2.521 N/cm). Isto vrijedi i za vrijednosti standardnih devijacija po pojedinim listovima mjerenima iz svakog knjižnog bloka.

Grafikon 1. Usporedba sila kidanja ispitanih knjižnih blokova izrađenih lepezastim lijepljenjem sa FOGRA standardom za bešavni uvez



Također aritmetičke sredine sile kidanja po položaju listova u knjižnom bloku prikazane u grafikonu 2. bile su vrlo ujednačene i sve redom iznad razine ocjene “vrlo dobra čvrstoća knjižnog bloka” kako propisuje FOGRA standard što pokazuje ujednačenost u nanosu ljepljiva na svim dijelovima hrpta knjižnog bloka.

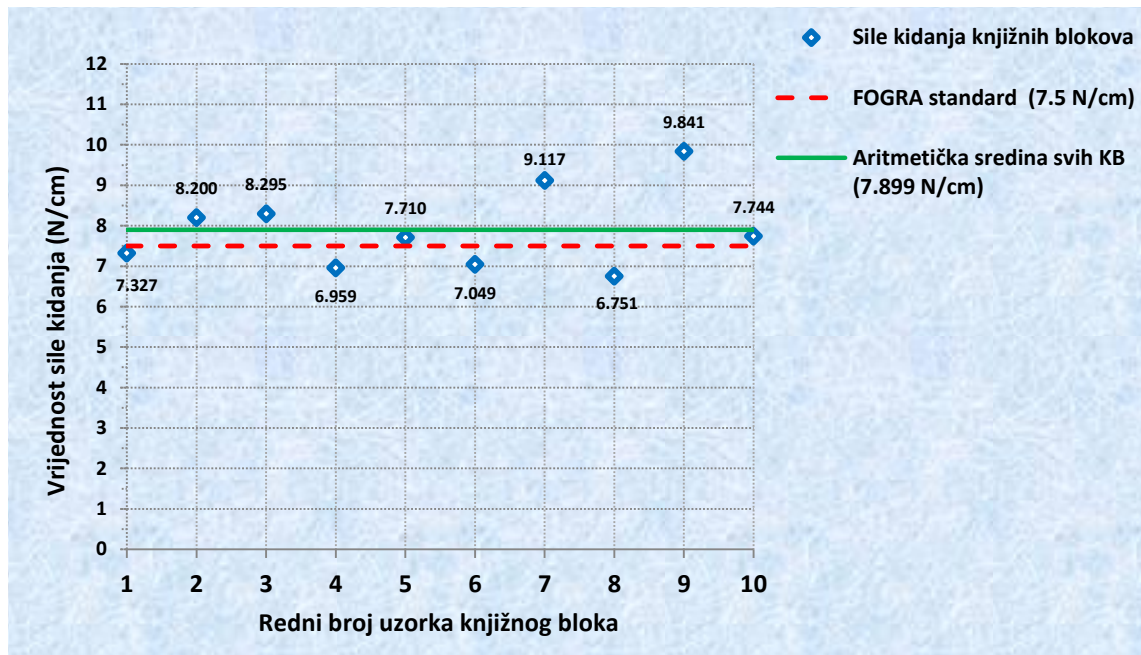
Grafikon 2. Usporedba srednjih vrijednosti sile kidanja listova papira u ovisnosti o položaju unutar knjižnog bloka izrađenog lepezastim lijepljenjem sa FOGRA standardom



Iz rezultata dobivenih ispitivanjem 10 knjižnih blokova izrađenih principom mehaničke obrade hrpta hrapavljenjem (tablica 4. i grafikon 3.) jasno je vidljivo da ovaj princip daje lošije rezultate čvrstoće knjižnog bloka prema standardima propisanim od strane FOGRA instituta, iako je sveukupna aritmetička sredina svih ispitanih knjižnih blokova i u ovom slučaju iznad zadanog FOGRA standarda, čime i ovaj princip u konačnici zaslužuje ocjenu vrlo dobar sa srednjom vrijednosti od 7.899 N/cm.

U ovom slučaju su 4 od 10 ispitanih knjižnih blokova imali nižu vrijednost od potrebne da bi dobili ocjenu vrlo dobre čvrstoće uveza (kao što je prikazano u grafikonu 3.), ali još uvijek iznad granice od 6.5 N/cm potrebne da ih se ocijeni kao knjižne blokove dobre čvrstoće uveza.

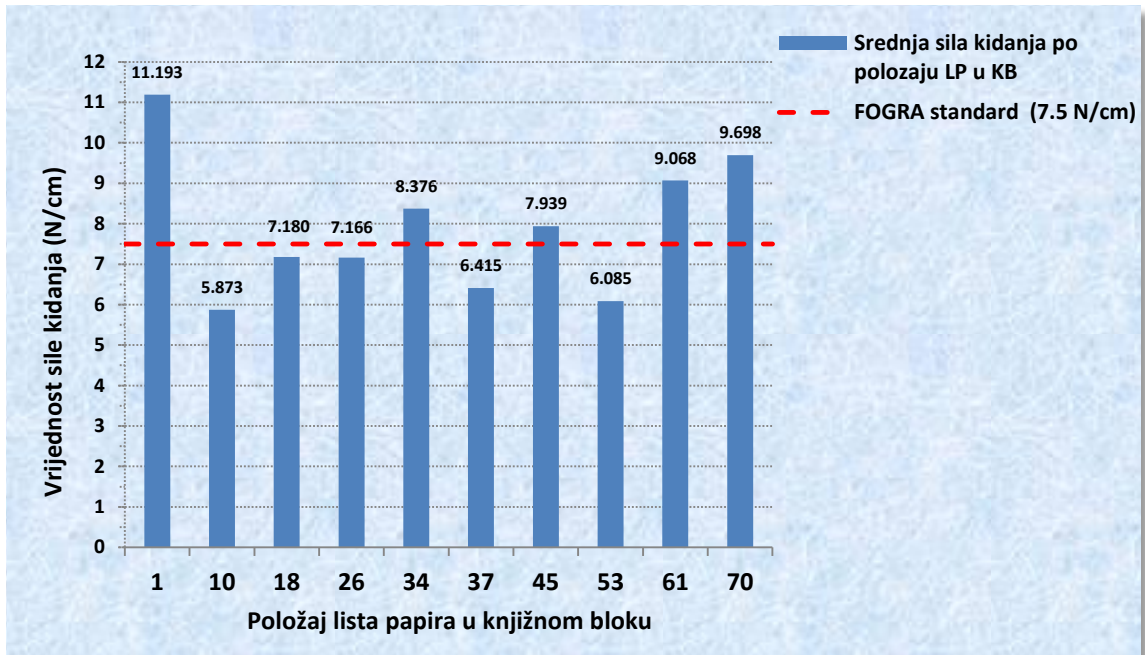
Grafikon 3. Usporedba sila kidanja ispitanih knjižnih blokova izrađenih hrapavljenjem hrpta sa FOGRA vrijednosnim ocjenama



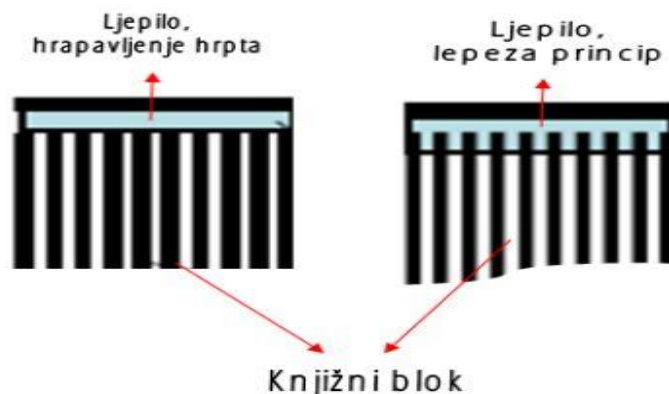
Uspoređujući vrijednosti aritmetičkih sredina sile kidanja po položaju listova u knjižnom bloku prikazanih u grafikonu 4. primjetno je da rubne i središnje pozicije listova u knjižnom bloku zadovoljavaju normu FOGRA instituta za ocjenu “vrlo dobar”, dok su ostale pozicije listova polučile slabije rezultate na kidalici, što daje naslutiti da je nanos ljepila u ovoj tehnici neujednačen, bolje prijanjajući u središnjem dijelu knjižnog bloka, te na rubovima.

Za razliku od knjižnih blokova izrađenih lepezastim lijepljenjem kod ove grupe knjižnih blokova primjetno je veće i neujednačenije rasipanje rezultata sa standardnim devijacijama u rasponu od 1.504 N/cm do 3.607 N/cm.

Grafikon 4. Usporedba srednjih vrijednosti sila kidanja listova papira u ovisnosti o položaju unutar knjižnog bloka izrađenog hrapavljenjem hrpta sa FOGRA standardom



Usporedbom rezultata dobivenih ispitivanjem knjižnih blokova izrađenim ovim dvjema tehnikama jasno je da su knjižni blokovi izrađeni lepezastim lijepljenjem čvršći, dakle kvalitetniji, čemu doprinosi prodiranje ljepila između listova papira, što se postiže savijanjem u lepezu, dok kod knjižnih blokova izrađenih hrapavljenjem ljepilo ne prodire među listove već se nalazi na površini samog ruba lista papira tvoreći slabiju vezu zbog manje kontaktne površine (slika 24.).



Slika 24. Usporedba nanosa ljepila na knjižnim blokovima izrađenim hrapavljenjem i lepezastim lijepljenjem

https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=VrdqBRgSKasC&oi=fnd&pg=PA4&dq=Handbook+of+print+media:+technologies+and+production+method&ots=c7yQLUaIRk&sig=th-oVAgivWBLtKxVgafGlickpWC0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

6. Zaključak

Kvaliteta i čvrstoća bešavnog uveza ovise o mnogo faktora, a među njima i o korištenoj tehnici lijepljenja, te je cilj ovog rada bio utvrditi koja od dvije tehnike lijepljenja (lepezasto lijepljenje bez mehaničke obrade hrpta knjižnog bloka, ili lijepljenje sa mehaničkom obradom hrpta knjižnog bloka hrapavljenjem) daje bolje rezultate, tj. veću čvrstoću lijepljenog spoja.

U radu su prikazani koraci postupaka izrade ručno uvezenih bešavnih knjižnih blokova dvjema tehnikama koje su ispitivane, te sam tijekom ispitivanja, a rezultati dobiveni ispitivanjem pokazali su da obje ispitivane tehnike daju rezultate čvrstoće uveza koji su prema FOGRA standardu karakterizirani kao vrlo dobri.

Iako su se obje tehnike pokazale dobrima, tehnika lepezastog lijepljenja bez mehaničke obrade hrpta pokazala se boljom sa višom vrijednosti ukupne aritmetičke sredine ispitivanih knjižnih blokova i ujednačenim vrijednostima na svim dijelovima knjižnog bloka, što je vrlo vjerojatno zasluga same tehnike lijepljenja gdje se lepezastim savijanjem omogućava prodor ljepilu između samih listova knjižnog bloka.

Tehnika lepezastog lijepljenja se, za razliku od tehnike hrapavljenja hrpta knjižnog bloka, ne može koristiti u nakladničkoj proizvodnji, gdje bi uvelike usporavala cijeli proces. Ovo je istraživanje pokazalo da ju je preporučljivije koristiti kod ručnog bešavnog uveza koji će, prema procjenama, u budućnosti grafičke proizvodnje imati sve veću ulogu smanjenjem naklada i njihovom personalizacijom, čime će potreba za takvim uvezom biti povećana.

7. Literatura

- [1] <http://www.lzmk.hr/hr/izdanja/natuknice/120-hrvatska-enciklopedija/896-knjiga>,
Pristupljeno: 03.08.2016.
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_books#Paper, Pristupljeno: 25.07.2016.
- [3] Potisk Vinko (1997.) *Grafička dorada*, Školska knjiga, Zagreb
- [4] Bigianti, M.; Lanter, A. (2016.) Digital Printing Leads to Print Finishing Opportunities,
Dostupno na: <http://www.thebindingedge.com/stories/112614/digital-printing-leads-print-finishing-opportunities.shtml#.V7RUNjWfhfA>, Pristupljeno: 26.08.2016.
- [5] Romano, F. (2008.) Digital printing directions, Rochester Institute of Technology School of Print Media, Dostupno na:
http://www.canon.co.uk/about_us/press_centre/press_resources/white_papers_and_reports/insight_report.aspx, Pristupljeno: 26.08.2016.
- [6] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Knjiga> , Pristupljeno: 25.07.2016.
- [7] Mesaroš Franjo (1970.) *Grafička enciklopedija*, Tehnička knjiga, Zagreb
- [8] Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-2, dostupno na:
<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/Evokacija2.pdf>, Pristupljeno:
04.08.2016.
- [9] Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-1, dostupno na:
<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/ERR-1.pdf>, Pristupljeno:
06.08.2016.
- [10] Pasanec Preprotić Suzana (2012.), *Čvrstoća knjižnog bloka u ovisnosti o starenju*,
Doktorski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [11] Helmut Kipphan (2001.) *Handbook of print media: Technologies and production methods*,
Springer, Berlin
- [12] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za elemente strojeva i konstrukcija: *Lijepljeni spojevi*, dostupno na :
https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/pmf/osnove_strojarstva/lijepljeni_spojevi.pdf,
Pristupljeno: 09.08.2016.
- [13] Novaković Dragoljub (2011.) *Obradni postupci povezivanja i spajanja materijala lepljenjem brošure*, dostupno na: <https://www.scribd.com/document/238432917/Spajanje-i-Lepljenje>, Pristupljeno: 05.08.2016.
- [14] Golubović Adrijano (1993.) *Svojstva i ispitivanje papira*, Viša grafička škola Zagreb, Zagreb

8. Popis tablica i grafikona

8.1. Popis tablica

Tablica 1. Karakteristike ljepila za bešavni uvez

Tablica 2. FOGRA vrijednosne ocjene za čvrstoću knjižnog bloka bešavnog uveza za disperzijska ljepila

Tablica 3. Sistematizacija rezultata ispitivanja knjižnih blokova izrađenih lepezastim lijepljenjem

Tablica 4. Sistematizacija rezultata ispitivanja knjižnih blokova izrađenih hrapavljenjem hrpta

8.2. Popis grafikona:

Grafikon 1. Usporedba sila kidanja ispitanih knjižnih blokova izrađenih lepezastim lijepljenjem sa FOGRA standardom za bešavni uvez

Grafikon 2. Usporedba srednjih vrijednosti sila kidanja listova papira u ovisnosti o položaju unutar knjižnog bloka izrađenog lepezastim lijepljenjem sa FOGRA standardom

Grafikon 3. Usporedba sila kidanja ispitanih knjižnih blokova izrađenih hrapavljenjem hrpta sa FOGRA vrijednosnim ocjenama

Grafikon 4. Usporedba srednjih vrijednosti sila kidanja listova papira u ovisnosti o položaju unutar knjižnog bloka izrađenog hrapavljenjem hrpta sa FOGRA standardom